



## KLIMATISK MANGFOLDIGHED I BYEN

Ny forskning på DTU viser, at der er en dynamisk sammenhæng mellem byens liv og det lokale mikroklima.

**Strømmand-Andersen, Jakob Bjørn**

*Published in:*  
Byplan

*Publication date:*  
2010

*Document Version*  
Early version, also known as pre-print

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Strømmand-Andersen, J. B. (2010). KLIMATISK MANGFOLDIGHED I BYEN: Ny forskning på DTU viser, at der er en dynamisk sammenhæng mellem byens liv og det lokale mikroklima. *Byplan*, 3(62), 32-36.

---

### General rights

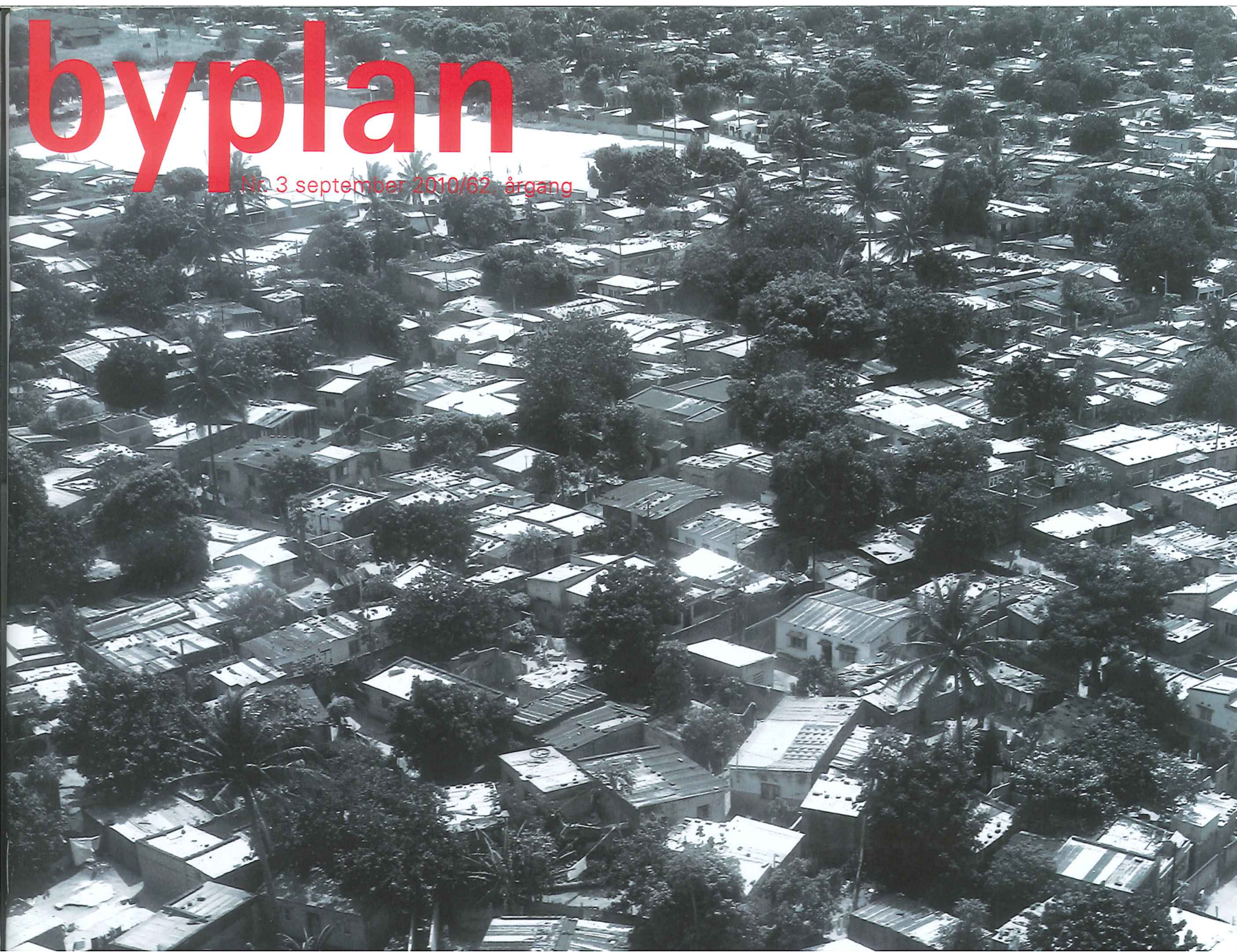
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# byplan

Nr. 3 september 2010/62. årgang





# KLIMATISK MANGFOLDIGHED I BYEN

**Ny forskning på DTU viser, at der er en dynamisk sammenhæng mellem byens liv og det lokale mikroklima.**

*Af Jakob Strømmand-Andersen*

Vi har brug for at tænke nyt og få "klimaet" tilbage i byrummet. De seneste år har været drevet af et fokus på det visuelle og æstetiske byrum. Se bare mange af pladserne i Ørestaden og ved metrostationerne – vindblæste, sterile og uden liv. Vi bør spørge os selv, hvordan vi får aktivitet, livskvalitet og mangfoldigheden tilbage i designet af byrummet.

For de fleste mennesker skaber ordet "byrum" en erindring med billeder af tyngde og fasthed. Men erfaring viser, at opfattelsen af byrummet er dynamisk over tid. Opfattelsen skifter enten som følge af bevægelse gennem rummet eller på grund af skiftende klimatiske komfortforhold. Det

er den dynamiske kvalitet i form af bevægelse, sekvens, aktivitet, der stimulerer vore sanser både de visuelle, termiske og akustiske. Men alt for sjældent indgår disse kvaliteter i designet af byrummet.

Vi kender alle følelsen af, at der altid er modvind på cykelstien – hvad enten vi cykler den ene eller den anden vej - eller busstoppestedet hvor det altid regner. Men vi kender også alle den hemmelige krog i parken, gården eller på pladsen, hvor der er sol, læ og en behagelig temperatur. Eksempler på, at klimaet stimulerer vore sanser, og den måde vi bruger og erindrer byen på. En forståelse og vurdering af sanseindtrykkene

(komforten) er således nødvendig, da det har en stor virkning på udviklingen af byer og byrum. Ved at kende og "styre" kilder til ubehag vil vi kunne gøre det mere attraktivt at bo og færdes i byen.

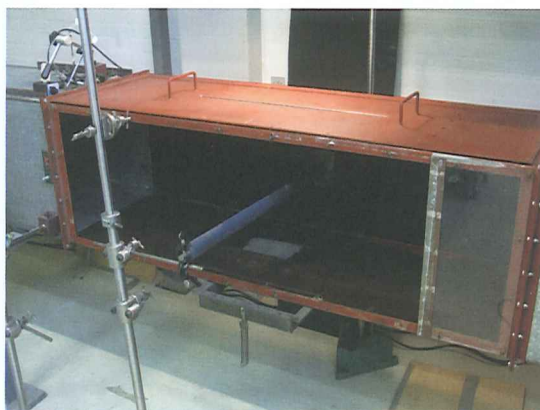
## **Mikroklima – den ubekendte faktor**

Vellykkede byrum tiltrækker et stort antal mennesker, som igen tiltrækker virksomheder, arbejdstagere, beboere - området bliver attraktivt og økonomisk rentabelt. Men hvad definerer et godt byrum?

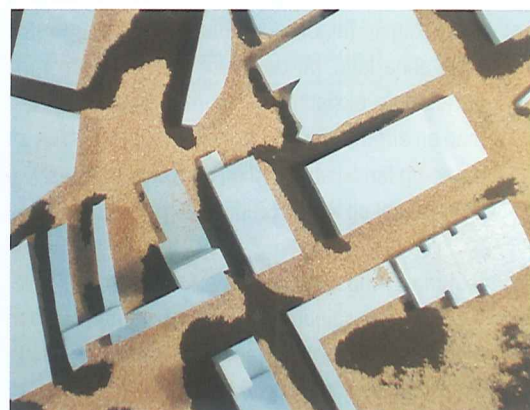
Der findes mange gode eksempler på velfungerende byrum. Kendetegnene er, at de ofte har et defineret og integreret samspil mellem rummets



*Arbejdsområde omkring vindtunnelen.  
Foto: Jakob Strømmand-Andersen*



*Vindtunnelens testsektion med opsætning af flow visualisering.  
Foto: Jakob Strømmand-Andersen*



*Erosionstest af bymiljø i vindtunnelen (Axeltorv, KBH).  
Illustration: Jakob Strømmand-Andersen*

form, aktivitet og klima. Form i relation til arkitektur og indretning, aktivitet, i form af funktionel diversitet, kulturelle tilbud og rekreative områder. Og klima, i forbindelse med muligheder og begrænsninger i forhold til lys, skygge, sol og vind. Hvor samspillet mellem form og aktivitet længe har været et studeret og dokumenteret område<sup>1</sup>, er effekten af det lokale mikroklima i relation til byens liv derimod stadigvæk et forholdsvis overset og understudert område.

Der er dog foretaget en hel del forskning med specielt fokus på temperatursvingninger gennem byer, den såkaldte "urban heat island" effekt. Undersøgelser viser ikke bare, at temperaturen er højst i bymidten og reduceres mere eller mindre koncentrisk ud mod forstæderne, men også at der er temperaturforskelle internt og lokalt i byen. Variationerne er særlig udtalte i nærheden af pladser og parker, hvor temperaturen i visse tilfælde reduceres med op til 3°C. alene på grund af vegetationen<sup>2</sup>.

I teorien kan vi forvente større mangfoldighed, når man ser endnu tættere på byens form. Nogle byrum kan blive udsat for direkte sollys en stor del af dagen, mens andre ligger i skygge eller er overdækkede. For at illustrere betydningen af sollys vil en variation på ca. 70 W/m<sup>2</sup> i horisontal solstråling ændre lufttemperaturen med 1°C<sup>3</sup>. I det danske klima er det ikke unormalt, at solstrålingen i et byrum kan variere med op til 1.000 W/m<sup>2</sup>, svarende til en temperaturændring på 14°C.

Første skridt i forståelsen af mikroklimaet er, at studere og simulere måden det fungerer på, og

hvordan det påvirker os. Fysiologisk, har mennesket udviklet sig til at opfatte forandringer, især i det visuelle (syns) miljø, men også gennem lydlig (høre), taktile (føle) og olfaktoriske (lugte) sanser. Den indgroede erfaring er forbundet med psykologiske opfattelser af sikkerhed, komfort og velvære - og omvendt - fare, spænding og ubehag. Udover fysiske klimatologiske parametre har individuelle faktorer som aktivitetsniveau og påklædning også indflydelse på oplevelsen af byrummet.

- *Det visuelle klima*

Lys- og synspåvirkninger som f.eks. blænding, kontraster, farvegenkendelighed, dagslys forhold mv. - det som vi opfatter med vores øjne.

- *Det akustiske klima*

Lyd- og støjpåvirkninger som f.eks. trafikstøjet som vi kan høre med vores ører.

- *Det atmosfæriske klima*

Lugt-, duft- og forureningspåvirkninger som f.eks. pollen, fugt, kvælstoffer, partikler mv. det som påvirker luftvejssystemet gennem vores næse.

- *Det termiske klima*

Temperaturpåvirkninger som f.eks. solstråling, vindhastighed og luftfugtighed - det vil sige alle de påvirkninger, som vi opfatter ved hjælp af vores hud og termoreceptorer.

Det samme byrum kan således have en bred vifte af klimatiske forhold, som har relation til ople-

velsen af byrummet. De centrale spørgsmål er, hvad der er arten og omfanget af denne mangfoldighed, og hvordan samspillet er til byrummets form og aktivitet?

## Forskningsprojekt

I dag er den mest anvendte metode til at forstå, registrere og kortlægge byrum på, empirisk og subjektiv. De empiriske optællinger af f.eks. menneskeflow er umiddelbart lette at aflæse, men til gengæld svære at afkode. Hvorfor bevæger vi os som vi gør? Det er ofte en individuel og subjektiv vurdering, der er svær at oversætte, da den ligger implicit i personens kulturelle baggrund. Resultatet kan være en metode, der giver et varierende og sløret billede af byrummets faktuelle dynamiske kvalitet.

På Danmarks Tekniske Universitet (DTU.Byg) forskes der i øjeblikket i at opsætte en mere objektiv og målbar metode til at registrere mikroklimaets indflydelse på folks adfærd i byrummet. Forskningen er inddelt i tre faser:

- Den første fase af forskningen er rettet mod det urbane mikroklima med en særlig henvisning til dets mangfoldighed snarere end dets absolutte betingelser. Her indgår et integreret samarbejde med virksomheder med erfaringer i byrumsregistrering og design.
- Den anden fase kigger på, hvordan brugerne af byrummet reagerer på mikroklimaet, som de er udsat for gennem en kombination af empiriske forsøg og målinger.





Eksempel på kategori A – Bopa Plads, Østerbro.  
Foto: Jakob Strømmand-Andersen



Eksempel på kategori B – Islands Brygge Sportspark, Islands Brygge.  
Foto: Jakob Strømmand-Andersen



Eksempel på kategori C – Landskab ved "Kilen", Frederiksberg.  
Foto: Jakob Strømmand-Andersen



## Kategorisering af aktivitet i byrummet

**A** Ophold af længere varighed; rolig position; siddende eller liggende;  
Terrasse; gade cafe eller restaurant; pool; amfiteater mv.

**B** Ophold af kort varighed; stående/siddende i kortvarig periode;  
Offentlige parker; legepladser; indkøbsstrøg mv.

**C** Aktivt ophold; magelig og normal gang; slentre; spadserer;  
Gangsti; indgangsparti; indkøbsgade mv.

**D** Gennemgang; objektiv gang; rask eller hurtig gang;  
Parkeringsplads; boulevard; fortovej mv.

## Vindmiljøet i byrummet bør udformes ud fra følgende komfortkriterier

	Acceptabelt	Ubehageligt
<b>A</b>	0,1 %	3 %
<b>B</b>	6 %	15 %
<b>C</b>	23 %	34 %
<b>D</b>	43 %	50 %

Kriterierne beskriver den maksimale sandsynlige overskridelse af en gennemsnitlig vind-hastighed på 5 m/s (18 km/h) svarende til en let brise.

- Den sidste fase i analysen er ikke blot at måle forskelle, men at få et indblik i fysikken for at forklare principperne for den mangfoldighed, som er blevet målt.

Det er i teorien muligt at forudsige komfort som en funktion af klimatiske parametre, f.eks. temperatur, lufthastighed og strålingsvarme og personlige variable, såsom beklædning og aktivitet. Fangers<sup>4</sup> varmebalance model, der beskrives ved "Predicted Mean Vote" (PMV) og "Predicted Percentage of Dissatisfied" (PPD) sammenholder f.eks. aktivitetsniveauet, hvor varmt tøj man har på, lufttemperaturen, middelstrålingstemperaturen og middellufthastigheden med brugertilfredshed. PPD er således et udtryk for en matematisk model, der angiver den forventede procentvis andel af personer, der vil føle sig for kolde eller varme i et givent indeklima.

Men som før omtalt viser erfaring, at komfort er relateret til både fysiologiske og psykologiske fænomener. Det vil derfor være diskutabelt at opfatte byrumskomfort som et rent matematisk og objektivi parameter. Det er således vigtigt, at projektet og metoden kombinerer teoretiske modeller og beregninger med efterfølgende sammenligning med folks opfattelse og adfærd. Derfor bygger forskningen også på et tæt samarbejde mellem forskellige fagkompetencer. (Ingeniører, Arkitekter, Planlæggere, Sociologer mv.)

Målet med projektet er at skabe spændende byrum, hvor vores sanser stimuleres i forhold til rummets design og funktion. Slutresultatet af forskningsprojektet skal således bidrage til en mere

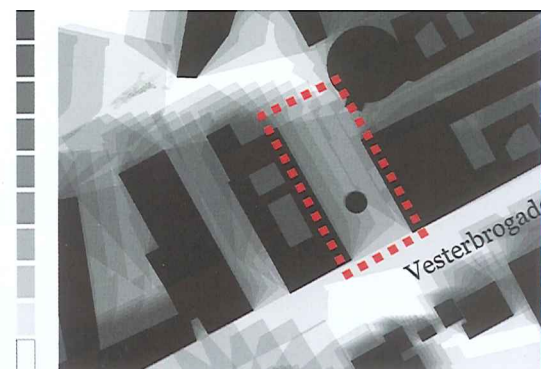
kvantificerbar (objektiv) forståelse og analyse af byrumsmiljøet og dets fysiologiske og psykologiske effekt på mennesker.

### Det målbare byrum

Indledende resultater viser, at det er muligt at udføre simuleringer af mikroklima, der kan fungere som spilleregler for designet af nye byrum. Det er f.eks. muligt at kvantificere og kategorisere, hvornår vindmiljøet vil forekomme ubehageligt i forhold til den aktuelle aktivitet<sup>5</sup>. Aktiviteten kategoriseres i fire niveauer, der ud fra et fysiologisk hierarki beskriver byrummets funktion.

Hvis kategorierne sammenholdes med f.eks. de ovenstående analyser af Axeltorv, kan det konkluderes, at pladsens funktioner ikke er optimale i forhold til vindmiljøet. Cafémrådet langs Scala har f.eks. et vindmiljø, der kan kategoriseres som niveau C eller D. Dvs. et komfortmiljø der ikke indbyder til længerevarende ophold, men til gengæld vil være klimatisk ideelt til parkeringsareal. Konsekvensen er, at en stor del af året vil cafegæsterne på pladsen været generet af turbulens og høje vindhastigheder. Det kan dog afhjælpes eller helt undgås. F.eks. via etablering af den rette beplantning eller læskærme.

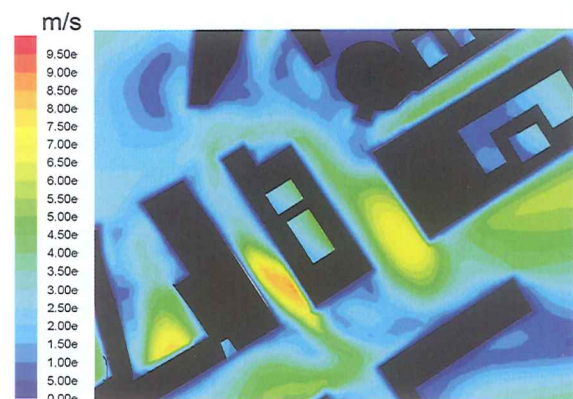
Studier fra Norge har konstateret, at med den rette planlægning af mikroklimaet kan komforten optimeres og udendørs sæson forlænges med op til seks uger i løbet af de mere kritiske perioder i foråret og efteråret<sup>6</sup>. Det betyder, at elementer som; beskyttelse mod vinden, maksimering af soleksponering, minimering af skyggedannelser, anvendelse af varmeabsorberende og varmereflek-



Skyggeanalyse på Axelatorv, KBH (skyggetimer d. 1. april kl. 08-17, 30 min interval). Note: Axelatorv er markeret med rødt.  
Illustration: Jakob Strømmand-Andersen



Simulering af direkte og diffuse solstråling på Axelatorv, KBH (Wh, daglige gennemsnitsværdier)  
Illustration: Jakob Strømmand-Andersen



Vindanalyse (CFD simulering) af vestenvind på Axelatorv, KBH (m/s). Illustration: Jakob Strømmand-Andersen



terende materialer, mv. ikke alene kan have en positiv effekt på brugernes komfort, men også på caféejernes pengepung.

Kategoriseringen kan udover en vurdering af eksisterende byrum anvendes i designet af nye byområder og byrum. Det vil f.eks. være muligt for kommuner at opstille krav til udemiljøet i lokalplanen ligesom bygherre nu stiller krav til indeklimaklasser i byggeprogrammet. Der vil således være en målbar indikator for, hvordan byrummet løbende performer.

Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at kategorierne skal anvendes med en vis intelligens. Det giver f.eks. ingen mening at søge en kategori A for ethvert byrum i byen. Byen danner i modsætning til bygninger rum for en større mangfoldighed og diversitet af aktiviteter. Som eksempel kan peges på byrummet langs Islands Brygge, der anvendes til en bred vifte af forskellige aktiviteter med dertil forskellige komfortbehov: Der svømmes, solbades, skateboardes og joggles i et virvar.

Konklusionen er, at der er en begrænset værdi i at opnå eller definere et "optimalt" komfortniveau i byrummet. Vigtigere for at opnå et velfungerende byrum er, at byrummet vurderes i forhold til den klimatiske mangfoldighed, både rumligt og dynamisk. Her kan tekniske analyser af mikroklimaet være en målbar designindikator for udviklingen af byrummet. Målet er at skabe flere klimatiske

nuancer i byrummet og give os mulighed for at vælge mere præcist når vi designer byrum i forhold til klima, aktivitet og brugernes ønsker.

*Det har ikke været muligt at offentliggøre eksakte resultater fra forskningsprojektet, da de forventes publiceret i teknisk videnskabelige journaler. En løbende opdateringer vil bl.a. finde sted på DTU hjemmeside: [www.cesdyn.byg.dtu.dk](http://www.cesdyn.byg.dtu.dk).*

### **Ph.D. projekt**

#### **"Integreret energidesign i masterplanning"**

Civilingeniør Jakob Strømmand-Andersen forsker i udformningen af fremtidige master- og bydelsplaner og deres påvirkninger på byens energiforbrug og mikroklimatiske betingelser. Parametrene er; naturens, byens og landskabets struktur, geometri og indbyrdes forhold samt muligheder og begrænsninger i forhold til lys, skygge, sol og vind.

Ph.D.projektet er sponsoreret af Henning Larsen Architects, Forsknings- og Innovationsstyrelsen og Realdania Fonden

*Jakob Strømmand-Andersen*

*Cand. Polyt, Erhvervs Ph.D. Stipendiat  
DTU Byg, Institut for Byggeri og Anlæg  
HENNING LARSEN ARCHITECTS A/S*

### **Litteratur:**

- [1] Gehl, J. 2003 Livet mellem husene, udeaktiviteter og udemiljøer, Arkitektens Forlag, København
- [2] Samtamouris, M. 2001 Energy and Climate in the Urban Environment, London: James & James
- [3] Szokolay, S. V. 1980 Environmental Science Handbook for Architects and Builders, Lancaster: The Construction Press
- [4] Fanger, P.O. 1970 Thermal Comfort: McGraw-Hill, New York
- [5] Holger Koss, H. 2006, "On differences and similarities of applied wind comfort criteria", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 94, no. 11, pp. 781-797.
- [6] B. Culjat, R. Erskine. 1988, Climate-responsive social space: a Scandinavian perspective, in: J. Mänty, N. Pressman (Eds.), Cities Designed for Winter, Building Book Ltd., Helsinki
- [7] Nikolopoulou, M. & Lykoudis, S. 2006, "Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries", Building and Environment, vol. 41, no. 11, pp. 1455-1470.
- [8] Nikolopoulou, M. & Steemers, K. 2003, "Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces", Energy and Buildings, vol. 35, no. 1, pp. 95-101.
- [9] Walton, D., Dravitzki, V. & Donn, M. 2007, "The relative influence of wind, sunlight and temperature on user comfort in urban outdoor spaces", Building and Environment, vol. 42, no. 9, pp. 3166-3175.
- [10] Mayer, H., Höppe P. 1986, "Thermal Comfort of Man in Different Urban Environments", Theoretical and Applied Climatology, Vol. 38, pp. 43-49